

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI  
(c) 2003 Thomson Derwent. All rts. reserv.

011819571 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1998-236481/199821

XRPX Acc No: N98-187594

MR transducer manufacturing method - involves applying magnetic field in magnetizing direction of antiferro magnetic substance layer and right angled direction of ferromagnetic material free layer

Patent Assignee: VICTOR CO OF JAPAN (VICO )

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
-----------	------	------	-------------	------	------	------

JP 10074658	A	19980317	JP 96219241	A	19960731	199821 B
-------------	---	----------	-------------	---	----------	----------

Priority Applications (No Type Date): JP 96188542 A 19960628

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
-----------	------	-----	----	----------	--------------

JP 10074658	A	8	H01F-041/18		
-------------	---	---	-------------	--	--

Abstract (Basic): JP 10074658 A

The method involves arranging a substrate (2) in a plane parallel to the direction of magnetic field (F1) formed between a pair of magnet (12c,13c). A foundation layer (3) is deposited over the substrate, over which a ferromagnetic material free layer (4) is layered over the foundation layer. A spacer layer (5) is layered over the ferromagnetic material free layer.

A ferromagnetic material fixed bed (6) and an antiferromagnetic substance layer (7) are sequentially deposited over the spacer layer. The ferromagnetic material free layer and antiferromagnetic layer are heat treated above the curie temperature or above blocking temperature and then cooled. The magnetic field is applied in magnetizing direction of antiferromagnetic substance layer and right angled direction of ferromagnetic material free layer.

ADVANTAGE - Obtains large exchange coupling magnetic field. Prevents magnetic degradation and obtains favorable sensitivity.

Dwg.1/8

Title Terms: TRANSDUCER; MANUFACTURE; METHOD; APPLY; MAGNETIC; FIELD; DIRECTION; MAGNETIC; SUBSTANCE; LAYER; RIGHT; ANGLE; DIRECTION; FERROMAGNETIC; MATERIAL; FREE; LAYER

Derwent Class: T03; U12; V02

International Patent Class (Main): H01F-041/18

International Patent Class (Additional): G11B-005/39; H01L-043/12

File Segment: EPI

Manual Codes (EPI/S-X): T03-A03C; U12-B01B; V02-H02B

?

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-74658

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月17日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 F	41/18		H 0 1 F	41/18
G 1 1 B	5/39		G 1 1 B	5/39
H 0 1 L	43/12		H 0 1 L	43/12

審査請求 未請求 請求項の数 2 F D (全 8 頁)

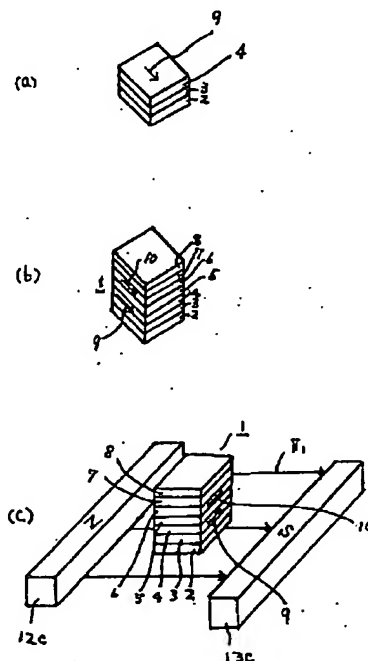
(21) 出願番号	特願平8-219241	(71) 出願人	000004329 日本ビクター株式会社 神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地
(22) 出願日	平成8年(1996) 7月31日	(72) 発明者	井関 隆之 神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地 日本ビクター株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平8-188542		
(32) 優先日	平8(1996) 6月28日		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

(54) 【発明の名称】 スピンバルブ磁気抵抗効果素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 強磁性体自由層4の磁化方向9は変化させず、容易に強磁性体固定層6の磁化方向10を変えることができるスピンバルブ磁気抵抗効果素子の製造方法を提供する。

【解決手段】 形状異方性が得られるよう、同一平面上にあって、平行配置された第1の磁極を有する第1の磁石12a第2の磁極を有する第2の磁石13aとの間に形成された磁界方向 $F_1$ と平行に基板2を配置し、基板2を移動しながら強磁性体自由層4と、非磁性スペーサ層5とをこの基板2上に順次堆積させる第1工程と、前記基板2の移動を停止し、更に強磁性体固定層6と、反強磁性体層7を堆積させる第2の工程と、前記強磁性体自由層4の磁化方向9と直角方向に磁界を印加しながら前記強磁性体自由層4のキュリー温度以上あるいは、前記反強磁性体層7のブロッキング温度以上で熱処理後、冷却する第3の工程とからなる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】形状異方性を得られるよう、同一平面上にあって、平行配置された第1の磁極を有する第1の磁石と第2の磁極を有する第2の磁石との間に形成された磁界方向と平行に基板を配置し、前記基板を移動しながら前記磁界方向に磁化方向が向くように強磁性体自由層と、非磁性スペーサ層とをこの基板の上に順次堆積させる第1工程と、前記基板の移動を停止し、前記非磁性スペーサ層上に強磁性体固定層と、反強磁性体層を堆積させる第2の工程と、前記強磁性体自由層の磁化方向と直角方向に磁界を印加しながら前記強磁性体自由層のキュリー温度以上あるいは、前記反強磁性体層のブロッキング温度以上で熱処理後、冷却する第3の工程とからなることを特徴とするスピナバルブ磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項2】2～15mTorrのガス圧で前記強磁性体固定層を形成することを特徴とする請求項1記載のスピナバルブ磁気抵抗効果素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は媒体から情報信号を読み出すための磁気トランスデューサに関し、特に改良型磁気抵抗読出しトランスデューサの製造法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】図6は従来のスピナバルブ磁気抵抗効果素子の構造断面斜視図である。図6を参照して、スピナバルブ磁気抵抗効果素子の構造について説明する。まず最初に、スピナバルブ磁気抵抗効果素子1は基板2上にTa等からなる下地層3、FeNi、FeNiCo等からなる強磁性体自由層4、Cuからなるスペーサ層5、FeNi、FeNiCo等からなる強磁性体固定層6、FeMn、NiO等からなる反磁性体層7、Ta等からなる保護層8が順次積層された構造である。強磁性体固定層6の磁化方向は矢印9の示す方向に固定され、磁界が印加されていない場合の強磁性体自由層4の磁化方向は矢印10で示すように強磁性体固定層6の磁化方向と直角をなしている。そして、磁界が印加されると磁界の大きさに応じて強磁性体自由層4の磁化が回転し、素子中を流れる電子が自由層と固定層のそれぞれの磁化によって受ける散乱される量の変化を電気抵抗に変化させることにより、磁界を検知することができる。強磁性体自由層4の材料としては、磁界検知感度を高めるために低磁界で磁化回転するような軟磁性体材料が選ばれる。強磁性体固定層6は強磁性体自由層4の飽和保磁力よりも高く設定されていて、強磁性体固定層6の磁化方向は一定に固定されたままである。その磁化方向9は強磁性体固定層6中を流れる電流の方向Iと直角方向に向いている。さらに、一対の電極11、11は積層方向に垂直な方向にスピナバルブ磁気抵抗効果素子1を挟んで形成されている。

【0003】次に、動作について説明する。スピナバルブ磁気抵抗効果素子1は一対の電極11、11に一定電流を流した状態で、その積層方向に磁気記録媒体14を接して走行させる時、磁気記録媒体14からの磁界が強磁性体固定層6の磁化方向9と同方向に印加されると、強磁性体自由層4の磁化方向は強磁性体固定層6の磁化方向9と同一方向を向き、電流は散乱を受けずに流れるので、スピナバルブ磁気抵抗効果素子1の抵抗値の変化は最小値をとる。一方、磁気記録媒体14からの磁界が強磁性体固定層6の磁化方向9と逆方向に印加されると、強磁性体自由層4の磁化方向は強磁性体固定層6の磁化方向9と逆方向を向き、電流は散乱を受けて流れるので、スピナバルブ磁気抵抗効果素子1の抵抗値の変化は最大値をとる。また、磁気記録媒体14からの磁界がない時には強磁性体自由層4の磁化方向は初期状態を保ったままであるので、電流の変化はなく、スピナバルブ磁気抵抗効果素子1の抵抗値の変化はゼロである。

【0004】このようにして、磁気記録媒体14からスピナバルブ磁気抵抗効果素子1へ印加されるの磁界の大きさ及び方向によって抵抗値が変化することを利用して、磁気記録媒体14に記録されている信号を読み取ることができる。

【0005】次に、図7及び図8を参照しながら、従来のスピナバルブ磁気抵抗効果素子1の製造方法について説明する。図7(a)は、従来のスピナバルブ磁気抵抗効果素子1の各層の形成を行うためのマグネトロンスパッタ装置20の構造断面図である。図7(b)は陰極21側から見た陽極19上に配置された基板の平面図である。図7(c)は、陽極19側から見た陰極21上に配置されたターゲットの構成図である。図8はスピナバルブ磁気抵抗効果素子1の製造工程図である。

【0006】まずは、図7を参照しながら、マグネトロンスパッタ装置20の構成及び動作について説明する。マグネトロンスパッタ装置20のチャンバ23内には陽極19と円盤状の陰極21とが対向配置している。図7(b)に示すように陽極19上には、基板2を挟み互いに平行配置された一対のN極を有する第1の磁石12a、S極を有する第2の磁石13aが固定されている。この際、2つの磁石12a、13aの形状は基板2の形状よりも十分大きくし、2つの磁石12、13の間に発生する磁界が互いに平行な領域中に基板2を配置する。一方、図7(c)に示すように、陽極19と対向する側の陰極21の上部には複数のターゲット15、16、17及び18が所定の位置間隔を保って固定されている。ここで、15はTaターゲット、16はFeNiCoターゲット、17はCuターゲット、18はFeMnターゲットである。

【0007】また、陰極21上部に配置された複数のターゲット位置に対応する陰極21下部には一対のN極を有する第1の磁石12bとS極を有する第2の磁石1

3bが配置され、第1の磁石12bと第2の磁石13bとで形成される磁界がそれぞれのターゲット15、16、17及び18に印加されるようになっている。端子aは陰極21に、端子bは直流電源24に接続され、端子aと端子bをスイッチSWで短絡することによって陰極21に負の電圧を印加できる。

【0008】シャッタ22は円盤状の陰極21と中心を同軸とした略同じ大きさの直径を有する回転可能な円盤形状であり、スパッタの対象となっているターゲットが露出するように窓(例えば円形状)22aを1つだけ設けられている。こうして、スパッタの対象となっているターゲットによるスパッタ層が他のターゲットに付着したり、他のターゲットがスパッタされないようにしている。スパッタの対象となっているターゲットとシャッタ22に設けられた窓22aとの位置合わせは、以下のように行う。例えば、円盤状の陰極21上に反時計回り方向に90°毎にターゲット15、16、17及び18を配置する。初期状態において、窓22aとターゲット15とを位置合わせしておく。この状態から円盤状のシャッタ22を反時計回り方向に回転した時、90°毎に止まるようにして、複数の各ターゲット15、16、17及び18と窓22aとを位置合わせする。真空ポンプ24はチャンバ23内を真空排気するために、流量調節バルブ26はチャンバ23内への導入ガス(Arガス)の流量を調節するために設けられている。

【0009】次に従来のスピナバルブ磁気抵抗効果素子1の製造工程を図7及び図8を参照しながら説明する。(第1工程)真空ポンプ24によりチャンバ23内を $6 \times 10^{-7}$  Torr以下に排気する。流量調節バルブ26でガス流量を調節しながらArガスをチャンバ23内に導入し、チャンバ23内の真空度が2mTorrになるようにする。シャッタ22を回転させて、窓22aがTaターゲット15上に位置するようにする。スイッチSWを端子aと端子bに接続し、陰極21には直流電源25から負の電圧、陽極19には正の電圧を印加し、Taのスパッタを開始する。陽極19に印加している正の電圧は各ターゲットのスパッタ終了まで印加したままである。こうして、Taターゲット15にArを衝突させ、Taをスパッタして、基板上に所定厚さのTaからなる下地層3を積層した後、スイッチSWを端子aと端子bから切り離し、スパッタを停止する。陰極21の下部に配置した第1の磁石12bと第2の磁石13bとで形成されている磁界によりArが加速されてスパッタされるので、効率の良いスパッタができる。この際、Taのスパッタ中、他のターゲット16、17及び18はシャッタ22により覆われているのでスパッタされたTaの付着がなく、ターゲット16、17及び18がスパッタされることもない。次に、シャッタ22を反時計回り方向に90°回転して、窓22aがFeNiCoターゲット16上に位置するようにする。スイッチSWを端子aと

端子bとを接続し、陰極21に負電圧を印加し、FeNiCoのスパッタを開始する。基板2上に所定厚さのFeNiCoからなる強磁性体自由層4を積層した後、スイッチSWを端子aと端子bから切り離し、スパッタを停止する。同様にして、Cuからなるスペーサ層5、FeNiCoからなる強磁性体固定層6、FeZnからなる反強磁性体層7、Taからなる保護層8を順次積層する(図8(a))。その後、陽極19に印加されている正の電圧の印加を停止し、チャンバ23内から各層を積層した基板2を取り出す。このようにして形成された強磁性体自由層4の磁化方向9と強磁性体固定層6の磁化方向10は一致している。

【0010】(第2工程)次に、強磁性体自由層4及び強磁性体固定層6の磁化方向9及び10と直角の方向にN極を有する第1の磁石12cとS極を有する第2の磁石13cによって形成される磁界を印加し、反強磁性体層7のブロッキング温度以上で熱処理する(図8(b))。

【0011】このようにして、強磁性体固定層6の磁化方向10を強磁性体自由層4の磁化方向9と直角にする。この後、作製されたスピナバルブ磁気抵抗素子1を積層方向に挟み、Cuからなる電極11、11を形成して図6を得る。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、強磁性体自由層4の磁化方向9と強磁性体固定層6の磁化方向10とを同一になるように形成した後、その磁化方向9及び10に直角に磁界を印加しながら熱処理をすることによって、強磁性体固定層6の磁化方向10を強磁性体自由層4の磁化方向9と直角になるようにしているの、強磁性体自由層4のキュリー温度が低い場合や反強磁性体層7のブロッキング温度が高い場合には、強磁性体自由層4の磁化方向9自体も印加磁界の影響を受けてしまうので、強磁性体固定層6の磁化方向を強磁性体自由層4の磁化方向と直角になるように回転させることが困難となってしまふ。そこで、本発明は、上記のような問題点を解消するためになされたもので、強磁性体自由層4の磁化方向9は変化させず、容易に強磁性体固定層6の磁化方向10を変えることができる、安定した特性を有するスピナバルブ磁気抵抗効果素子の製造方法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明に係るスピナバルブ磁気抵抗効果素子の製造方法は、形状異方性が得られるよう、同一平面上にあって、平行配置された第1の磁極を有する第1の磁石と第2の磁極を有する第2の磁石との間に形成された磁界方向と平行に基板を配置し、前記基板を移動しながら前記磁界方向に磁化方向が向くように強磁性体自由層と、非磁性スペーサ層とをこの基板上に順次堆積させる第1工程と、前記基板の移動を停

止し、前記非磁性スペーサ層上に強磁性体固定層と、反強磁性体層を堆積させる第2の工程と、前記強磁性体自由層の磁化方向と直角方向に磁界を印加しながら前記強磁性体自由層のキュリー温度以上あるいは、前記反強磁性体層のブロッキング温度以上で熱処理後、冷却する第3の工程とからなることを特徴とする。

【0014】第2の発明として、請求項1記載のスピンバルブ磁気抵抗効果素子の製造方法において、2～15 mTorr のガス圧で前記強磁性体固定層を形成することを特徴とする。

【0015】本発明によれば、基板を移動しながら強磁性体自由層を形成することによって、磁場中熱処理後、冷却によって磁化の方向が変化しにくく、容易に強磁性体自由層と強磁性体自由層の磁化方向を直角にすることができ、良好なスピンバルブ磁気抵抗効果素子が得られる。また、2～15 mTorr のガス圧で強磁性体固定層を形成することによって、強磁性体固定層の飽和磁化特性を劣化させずに、交換結合磁化率を大きくすることができる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、図1乃至図6、図7を参照しながら、本発明の一実施例について説明する。図1(a)～(c)は本発明の実施例を示すスピンバルブ磁気抵抗効果素子の製造工程図である。前述した構成と同一構成部分は同一符号を付し、その説明を省略する。

(第1工程) 前記したマグネトロンスパッタ装置20のチャンバ23内のターゲット15、16、17、18の配置は同一であり、基板2が磁化しやすい形状方向(形状異方性)を第1の磁石12aと第2の磁石13aで形成される磁界の方向 $F_1$ に平行配置し、磁界の方向 $F_1$ と直角方向 $F_2$ に往復運動できることが従来例と異なっている。

【0017】真空ポンプ24によりチャンバ23内を $6 \times 10^{-7}$  Torr以下に排気する。流量調節バルブ26でガス流量を調節しながらArガスをチャンバ23内に導入し、チャンバ23内の真空度が2～6 mTorrになるようにし、好ましくは4 mTorrにする。シャッタ22を回転させて、窓22aがTaターゲット15上に位置するようにする。スイッチSWを端子aと端子bに接続し、陰極21には直流電源25から負の電圧、陽極19には正の電圧を印加し、Taのスパッタを開始する。陽極19に印加している正の電圧は各ターゲットのスパッタ終了まで印加したままである。こうして、Taターゲット15にArを衝突させ、Taをスパッタして、基板上に100オングストローム厚のTaからなる下地層3を積層する。この後、スイッチSWを端子aと端子bから切り離し、スパッタを停止する。陰極21の下部に配置した第1の磁石12bと第2の磁石13bとで形成されている磁界によりArが加速されてスパッタされるので、効率の良いスパッタができる。この際、T

aのスパッタ中、他のターゲット16、17及び18はシャッタ22により覆われているのでスパッタされたTaの付着がなく、ターゲット16、17及び18がスパッタされることもない。

【0018】次に、シャッタ22を反時計回り方向に90°回転して、窓22aがFeNiCoターゲット16上に位置するようにする。図7(c)に示すように、第1の磁石12aと第2の磁石13aにより形成される磁界の方向 $F_1$ と直角方向 $F_2$ に基板2の往復運動を開始する。基板2は下地層3、強磁性体自由層4及びスペーサ層5の積層中は往復運動をさせたままである。また、流量調節バルブ26で調節されたArのガス流量をチャンバ22内の真空度が2～26 mTorrの範囲になるようにする。スイッチSWを端子aと端子bとに接続し、直流電源25から陰極21に負電圧を印加し、FeNiCoのスパッタを開始し、基板2上に100オングストローム厚のFeNiCoからなる強磁性体自由層4を積層する。この時、基板2は固定したままである。この後、スイッチSWを端子aと端子bから切り離し、スパッタを停止する。更に、Arのガス流量をチャンバ22内の真空度が2～6 mTorrとなるように調節する。同様に、28オングストローム厚のCuからなるスペーサ層5を積層する(図1(a))。このようにすることによって、強磁性体自由層4の磁化方向9を印加された磁界の方向 $F_1$ に形成することができる。

【0019】(第2工程) 次に、基板2の往復運動を停止し、基板2に磁界を印加したままの状態、100オングストローム厚のFeNiCoからなる強磁性体固定層6、150オングストローム厚のFeMnからなる反強磁性体層7、Taからなる100オングストローム厚の保護層8を順次積層する(図1(b))。この時のチャンバ23内の真空度はArのガス流量を調節することによって2～6 mTorrの範囲にあるようにしてある。その後、陽極19に印加されている正の電圧の印加を停止し、チャンバ23内から各層を積層した基板2を取り出す。

【0020】(第3工程) 次に、向かい合って配置されたN極を有する第1の磁石12c S極を有する第2の磁石13c形成する磁界の方向 $F_1$ が強磁性体自由層4の磁化方向9と直角になるように基板2を配置し、反磁性体層7のブロッキング温度以上で熱処理を行い、自然冷却を行う(図1(c))。これにより、反強磁性体層7は印加された磁界の方向に磁化の向きが反磁性配列し、強磁性体固定層6と反強磁性体層7の界面でも反強磁性配列が起こるので、強磁性体固定層6全体の磁化の向きも印加される磁界の方向に回転する。こうして、強磁性体固定層6の磁化方向10は強磁性体自由層4の磁化方向9と直角方向に形成することができる。

【0021】この後、作製されたスピンバルブ磁気抵抗効果素子1を積層方向に挟み、Cuからなる電極11、

11を形成して図6を得る。このようにして、スピンバルブ磁気抵抗効果素子1に電流を流した状態で、スピンバルブ磁気抵抗効果素子1へ磁界が印加されると、磁界の大きさ及び方向によって抵抗値が変化することを利用して、信号を読み取ることができる。

【0022】ここで、図7に示すマグネトロンスパッタ装置20を用いて、FeNiCo単層膜とFeNiCo/Cu多層膜を作製し、強磁性体自由層4としての適性について調べた。まずは、FeNiCo単層膜を基板2上に形成して、FeNiCo単層膜の磁化の大きさの磁界依存性について調べた。図2(a)～(c)は図7に示すように、磁界の印加方向 $F_1$ と平行にかつ、磁化しやすい方向(容易軸方向)に配置した基板を磁界の印加方向 $F_1$ と直角方向 $F_2$ に移動させながらFeNiCo層を形成した場合の熱処理の有無による磁化の大きさMの磁界依存性を示す。図2(d)～(f)は図7に示すように、磁界の印加方向 $F_1$ と平行にかつ、容易軸方向に配置した基板を固定して、FeNiCo層を形成した場合の熱処理の有無による磁化の大きさの磁界依存性を示す。図2(a)～(f)中において、①は基板の容易軸方向に測定した磁気ヒステリシス曲線、②は基板の容易軸方向に垂直な方向(困難軸方向)に測定した磁気ヒステリシス曲線である。横軸は磁界であり、縦軸はFeNiCo層の磁化の大きさMである。

【0023】図2中の(a)と(d)はFeNiCo層を形成後、熱処理無しのもの、(b)と(e)はFeNiCo層を形成後、180℃の温度で熱処理後、冷却を行ったもの、(c)と(f)はFeNiCo層を形成後、200℃の温度で熱処理後、冷却を行ったものである。図2(a)～(c)に示すように、移動している基板上にFeNiCo層を形成後、熱処理温度を180℃、200℃と高くしていった場合、容易軸方向に測定した磁気ヒステリシス曲線①は変化せず、磁化方向は初期状態を保ったままであることがわかる。一方、困難軸方向の磁気ヒステリシス曲線②は磁化方向が変化してきているものの磁化方向が変わってしまうまでには至っていない。

【0024】また、図2(d)～(f)に示すように、固定配置した基板上にFeNiCo層を形成後、熱処理温度を180℃、200℃と高くしていった場合、容易軸方向に測定した磁気ヒステリシス曲線①及び困難軸方向の磁気ヒステリシス曲線②は変化し、磁化方向が変化していることがわかる。その結果、容易軸方向に基板を配置した基板を磁界の印加方向と直角方向に移動しながら形成したFeNiCo層を強磁性体自由層4として用いれば、前述したスピンバルブ磁気抵抗効果素子1の製造工程における熱処理後冷却する第3工程で強磁性体自由層4の磁化方向を変化させることなく、強磁性体固定層6の磁化方向10を強磁性体自由層4の磁化方向9に直角にすることができる。

【0025】次に、FeNiCo/Cu多層膜の強磁性体自由層4としての適性について調べた。FeNiCo/Cu多層膜には厚さ18オングストロームのFeNiCo厚さ14オングストロームのCu層を8ペア積層したものを用いた。

【0026】図3(a)～(c)は図7に示すように、磁界の印加方向 $F_1$ と平行にかつ、容易軸方向に配置した基板を磁界の印加方向 $F_1$ と直角方向 $F_2$ に移動させながらFeNiCo/Cu多層膜を形成した場合の熱処理の有無による磁化の大きさMの磁界依存性を示す。図3(d)～(f)は磁界の印加方向 $F_1$ と平行にかつ、容易軸方向に配置した基板を固定して、FeNiCo多層膜を形成した場合の熱処理の有無による磁化の大きさMの磁界依存性を示す。図3(a)～(f)中において、①は基板の容易軸方向に測定した磁気ヒステリシス曲線、②は基板の容易軸方向に垂直な方向(困難軸方向)に測定した磁気ヒステリシス曲線である。横軸は磁界であり、縦軸はFeNiCo/Cu多層膜の磁化の大きさMである。

【0027】図3中の(a)と(d)はFeNiCo/Cu多層膜を形成後、熱処理無しのもの、(b)と(e)はFeNiCo/Cu多層膜を形成後、200℃の温度で熱処理後、冷却を行ったもの、(c)と(f)はFeNiCo/Cu多層膜を形成後、280℃の温度で熱処理後、冷却を行ったものである。図3(a)～(c)に示すように、移動している基板上にFeNiCo/Cu多層膜を形成後、熱処理温度を200℃、280℃と高くしていった場合、容易軸方向に測定した磁気ヒステリシス曲線①は変化せず、磁化方向は初期状態を保ったままであることがわかる。一方、困難軸方向に測定した磁気ヒステリシス曲線②は磁化方向が変化してきているものの磁化方向が変わってしまうまでには至っていない。

【0028】図3(d)～(f)に示すように、固定配置した基板上にFeNiCo/Cu多層膜を形成後、熱処理温度を180℃、200℃と高くしていった場合、容易軸方向に測定した磁気ヒステリシス曲線①及び困難軸方向の磁気ヒステリシス曲線②は変化し、磁化方向が変化していることがわかる。その結果、磁界の印加方向と平行にかつ、容易軸方向に配置した基板を磁界の印加方向と直角方向に移動させながら形成したFeNiCo/Cu多層膜を強磁性体自由層4として用いれば、その磁化方向9は変わらないので、FeNiCo単層膜と同様に、FeNiCo/Cu多層膜を強磁性体自由層4として用いることができる。

【0029】また、FeNiCoからなる強磁性体固定層6の交換結合磁界の大きさと飽和磁化量は強磁性体固定層6の形成時におけるガス圧に依存するため、強磁性体固定層6の磁化容易軸方向が磁界Hと平行になるように配置して、強磁性体固定層6を形成して、強磁性体固

定層6の交換結合磁界 $H_2$ と飽和磁化量 $M_s$ をスピバルブ磁気抵抗効果素子1の磁化の大きさ $M$ 及び磁気抵抗変化率 $MR$ の磁界 $H$ 依存性から調べた。図4は、スピバルブ磁気抵抗効果素子1の磁化の大きさ $M$ 及び磁気抵抗変化率 $MR$ の磁界 $H$ 依存性を示す。図4(a)にはスピバルブ磁気抵抗効果素子1の磁化の大きさ $M$ の磁界 $H$ 依存性を示す。図4(b)にはスピバルブ磁気抵抗効果素子1の磁気抵抗変化率 $MR$ の磁界 $H$ 依存性を示す。図5はFeNiCoからなる強磁性体固定層6の作製時において、交換結合磁界の大きさと飽和磁化量 $M_s$ とのスパッタ時のガス圧依存性を示す。

【0030】図4(a)中の低磁界 $H_1$ 側の磁気ヒステリシス曲線Aは飽和磁化の小さい強磁性体自由層4であり、高磁界 $H_2$ 側の磁気ヒステリシス曲線Bは飽和磁化の大きい強磁性体固定層6である。磁界 $H_2$ の前で磁化の大きさ $M$ が大きく変化するのとは反強磁性体層7の磁化方向に強磁性体固定層6の磁化方向10が向き交換結合が行われているためと考えられる。これは、図4

(b)に示す磁気抵抗変化率 $MR$ の磁界依存性においてもヒステリシス曲線A'は図4(a)中の磁気ヒステリシス曲線Aと、ヒステリシス曲線B'は図4(a)中の磁気ヒステリシス曲線Bと対応して変化している。図4に示すように、高磁界側の磁気ヒステリシス曲線B及び磁気抵抗変化率 $MR$ のヒステリシス曲線B'において、磁化の大きさ $M$ を大きく変化させる磁界 $H_2$ が交換結合磁界である。また、交換結合磁界 $H_2$ における飽和して安定した磁化の大きさ $M$ が飽和磁化量 $M_s$ である。このように、交換結合磁界 $H_2$ 及び飽和磁化量 $M_s$ は図4の関係から求めることができる。スパッタ時のガス圧を2〜30mTorrと変化させて、各ガス圧での交換結合磁界 $H_2$ 及び飽和磁化量 $M_s$ を求めると、図5の関係が得られる。

【0031】図5に示すように、強磁性体固定層6の交換結合磁界 $H_2$ はガス圧の増加と共に大きくなる一方、飽和磁化量 $M_s$ はガス圧が2〜15mTorrの範囲では一定であり、15mTorr以上では急激に減少する。このことはガス圧が15mTorr以上では強磁性体固定層6の磁性が失われ、磁気抵抗変化率 $MR$ が低下することを示している。その結果、飽和磁化量 $M_s$ の一定値が保たれている2〜15mTorrのガス圧上で強磁性体固定層6を形成することがよいことがわかる。従って、この条件でFeNiCoからなる強磁性体固定層6を形成し、容易軸方向を磁界の方向と平行配置したFeNiCo単層膜あるいは、FeNiCo/Cu多層膜を用いれば、感度の良好なスピバルブ磁気抵抗効果

素子1を得ることができる。

【0032】

【発明の効果】本発明によるスピバルブ磁気抵抗効果素子の製造方法によれば、基板を磁化しやすい方向に磁界を印加し、その磁界と直角方向に基板を移動させながら強磁性体自由層を形成すると熱処理において強磁性体自由層の磁化方向が変化せず、強磁性体固定層のみの磁化方向を強磁性体自由層の磁化方向と直角にすることができる。また、ガス圧2〜15mTorrの条件で強磁性体固定層を形成すれば、交換結合磁界が大きく、磁性劣化がなく良好な感度を有するスピバルブ磁気抵抗効果素子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるスピバルブ磁気抵抗効果素子の製造工程図である。

【図2】FeNiCo単層膜の磁化の大きさと磁界依存性の関係図である。

【図3】FeNiCo/Cu多層膜の磁化の大きさの磁界依存性の関係図である。

【図4】スピバルブ磁気抵抗効果素子の磁化の大きさ及び磁気抵抗効果率の磁界依存性の関係図である。

【図5】FeNiCoの交換結合磁界及び飽和磁化量のガス圧依存性の関係図である。

【図6】従来のスピバルブ磁気抵抗効果素子の構造の断面図である。

【図7】マグネトロンスパッタ装置の構造断面図である。

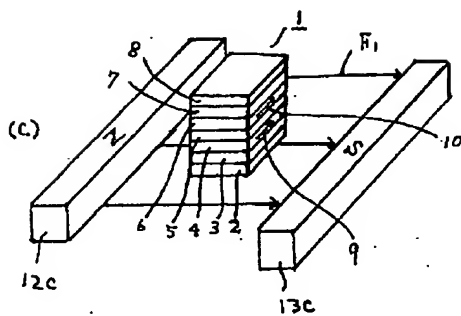
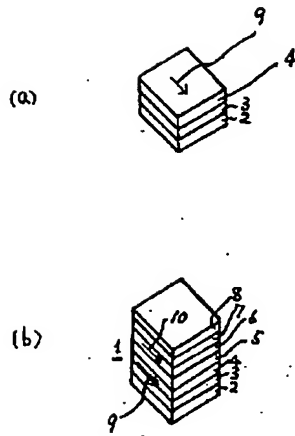
【図8】従来のスピバルブ磁気抵抗効果素子の製造工程図である。

【符号の説明】

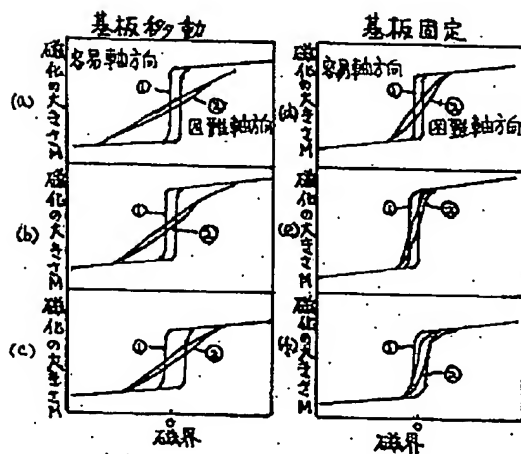
- 1…スピバルブ磁気抵抗効果素子
- 2…基板
- 3…下地層
- 4…強磁性体自由層
- 5…スペーサ層
- 6…強磁性体固定層
- 7…反磁性体層
- 8…保護層
- 9、10…磁化方向
- 11…電極
- 12a…第1の磁石
- 13a…第2の磁石
- $F_1$ …磁界の方向
- $F_2$ …磁界の方向に直角方向



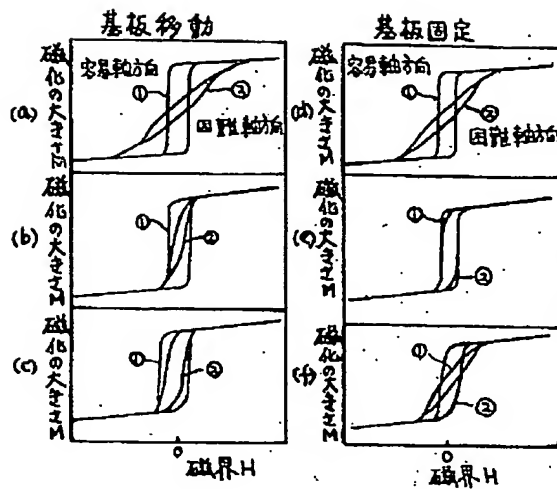
【図1】



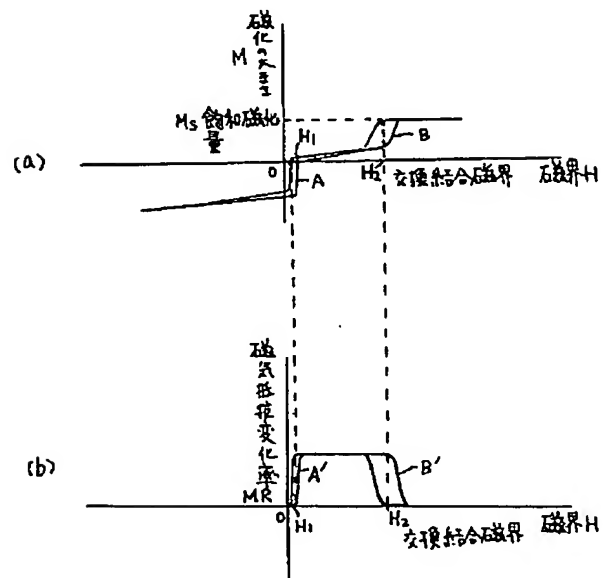
【図3】



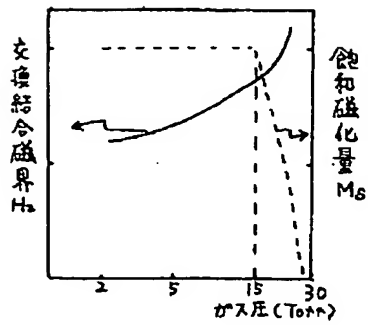
【図2】



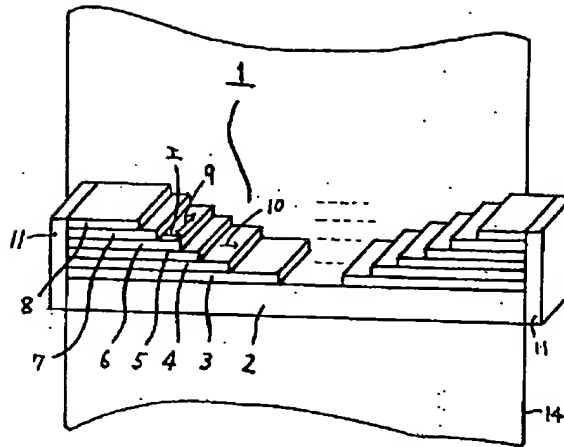
【図4】



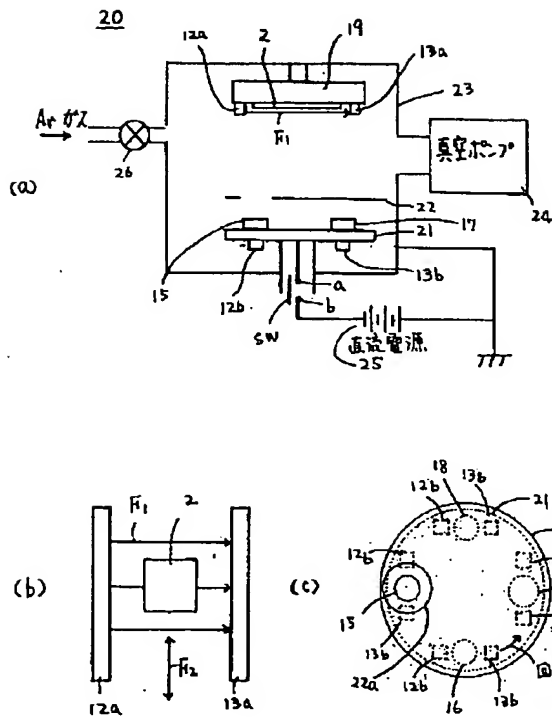
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

